



#21

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-033970

出 願 人

Applicant(s):

株式会社ニコン

2001年10月19日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3092116

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-01462

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号株式会社ニコン内

    【氏名】 八尋 威久

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

    【識別番号】 100100413

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 渡部 温

【選任した代理人】

    【識別番号】 100110858

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 柳瀬 睦肇

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 033189

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0003412

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法及び荷電粒子線露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法であって、

前記原版パターンの位置（物面位置）に、計測用パターンを形成したレチクルを配置し、

前記転写パターンの位置（像面位置）に、計測用のナイフエッジ開口を配置し

前記計測用パターンを通過した計測用荷電粒子ビームで前記ナイフエッジを走査し、

前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線をセンサで検出して処理することにより前記ビームのボケを測定し、

この際、前記ナイフエッジの非開口部（ナイフエッジ板）を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分を前記センサの手前で排除し、実質的に、前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線のみを前記センサに入射させることを特徴とする荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 2】 前記ナイフエッジが、薄膜上に形成した矩形開口状パターンのエッジであることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 3】 前記ナイフエッジと前記センサとの間にビーム制限開口を設置して、このビーム制限開口により、前記ナイフエッジ板を透過した荷電粒子線を遮ることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 4】 前記ナイフエッジから該ビーム制限開口端縁を見込む角が、前記荷電粒子ビームの収束角よりも僅かに大きくなるよう、前記ビーム制限開口

の開口幅（開口径）を選択することを特徴とする請求項 3 記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項 5】 感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置であって、

前記感応基板上の転写パターンの位置（像面位置）に配置された、開口を有する計測用のナイフエッジと、

該ナイフエッジの下方に配置された、該ナイフエッジの非開口部（ナイフエッジ板）で散乱した荷電粒子線を遮るビーム制限開口と、

該ビーム制限開口の下方に配置された、該ビーム制限開口を通過した荷電粒子線を検出するセンサと、

該センサの検出結果に基づきビームのボケを測定するビームボケ測定手段と、  
を備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路等のリソグラフィに用いる荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置に関する。特に、高精度なビームボケの計測を実現できる荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【関連技術】

電子線描画装置は、スループット（処理速度）が向上しにくいことが知られている。これに対し、電子線描画装置の高スループット化を目的として、大面積のパターンを一括して転写露光するタイプの電子線露光装置（E B ステッパー等）の開発が進められている。そして、このような露光装置においては、電子ビームのボケ（Blur）を計測し、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）や結像性能の評価を行う必要がある。

【 0 0 0 3 】

図 5 は、従来の電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

図 6 は、同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

図 7 は、同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

#### 【 0 0 0 4 】

この電子線露光装置の最上流部には、図示せぬ照明ビーム源及び計測用パターンを有するレチクルが配置されており、その下方に図 5 及び図 6 に示すナイフエッジ 1 0 1 をもつ矩形開口が配置されている。照明ビーム源から照射された電子ビームは、ナイフエッジ 1 0 1 をもつ矩形開口上において、矩形ビーム E B (レチクルの転写像) として照射される。ナイフエッジ 1 0 1 の下方には、電子検出器 (センサ) 1 0 5 が配置されている。矩形ビーム E B をスキャンすると、ナイフエッジ 1 0 1 の非開口部 (ナイフエッジ板 1 0 0) に当たった電子は、ナイフエッジ板が厚い場合は吸収され、開口部 1 0 2 を通過した電子は電子検出器 1 0 5 に検出される。しかし、ナイフエッジ板が薄い場合 (例えば厚さ  $2\ \mu\text{m}$ ) は、ナイフエッジ板 1 0 0 に当たった電子のほとんどは、ナイフエッジ板 1 0 0 を散乱を受けながら透過する。なお、ナイフエッジ 1 0 1 の幾何学的精度を上げるためには、ナイフエッジ板 1 0 0 は薄いほうが有利である。以下、このナイフエッジ板 1 0 0 は薄いものとして話を進める。

#### 【 0 0 0 5 】

電子検出器 1 0 5 で検出される電子は、開口部 1 0 2 を通過した無散乱電子  $e_1$  と、ナイフエッジ板 1 0 0 を散乱透過した前方散乱電子  $e_2$  である。これらの電子  $e_1$ 、 $e_2$  に相当するビーム電流は、プリアンプ 1 0 6 で増幅された後、微分回路 1 0 7 で時間に対する変化率に換算され、その出力波形がオシロスコープ 1 0 8 で表示される。そして、この出力波形からビームボケが計測され、これに基づきビーム調整 (焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション) や結像性能の評価が行われる。

なお、この種のビームボケ計測方法としては、例えば特開平 1 0 - 2 8 9 8 5

1号公報、又は、特願2000-12620等がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述のビームボケ計測方法では、本来は電子検出器105に到達して欲しくない前方散乱電子 $e_2$ の多くが、電子検出器105に到達してしまい、この前方散乱電子 $e_2$ により計測のコントラストが悪化してしまう。すなわち、前方散乱電子 $e_2$ がノイズ源になるため、図7に示すように、理想的な検出電流波形 $W$ （0レベルに沿った波形）からオフセットした検出電流波形 $W'$ が検出されるため、ノイズの影響で測定精度が悪化する。

【0007】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、高精度なビームボケの計測を実現できる荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法は、感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法であって、前記原版パターンの位置（物面位置）に、計測用パターンを形成したレチクルを配置し、前記転写パターンの位置（像面位置）に、計測用のナイフエッジ開口を配置し、前記計測用パターンを通過した計測用荷電粒子ビームで前記ナイフエッジを走査し、前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線をセンサで検出して処理することにより前記ビームのボケを測定し、この際、前記ナイフエッジの非開口部（ナイフエッジ板）を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分の前記センサの手前で排除し、実質的に、前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線のみを前記センサに入射させることを特徴とする。

【0009】

本発明によれば、実質的に、ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線のみをセ

ンサに入射させてビームボケを求めるので、計測のコントラストが悪化せず、高精度なビームボケの計測ができる。なお、ビームボケの計測は、通常は、検出電流の微分波形の立ち上がり（12%～88%）の距離を求めることにより測定することができる。

## 【0010】

本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ナイフエッジを、薄膜上に形成した矩形開口状パターンのエッジとすることができる。

ナイフエッジを薄膜化することにより、真っ直ぐでエッジラフネスが小さい高品質なエッジを比較的容易に作成することができる。なお、このような薄膜としては、例えば厚さ2  $\mu$ m程度のSi薄膜を用いることが好ましい。

## 【0011】

また、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ナイフエッジと前記センサとの間にビーム制限開口を設置して、このビーム制限開口により、前記ナイフエッジ板を透過した荷電粒子線を遮るものとすることができる。

ビーム制限開口により、ナイフエッジを透過した散乱荷電粒子線（前方散乱電子）をほぼ完全に遮ることができる。これにより、理想的に近いコントラストにて、良好な検出波形を得ることができる。

## 【0012】

さらに、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ナイフエッジから該ビーム制限開口端縁を見込む角が、前記荷電粒子ビームの収束角よりも僅かに大きくなるよう、前記ビーム制限開口の開口幅（開口径）を選択することができる。

例えば、荷電粒子線照明の加速電圧が100 kVであり、荷電粒子線ビームEBの収束角が6 mradである場合は、ナイフエッジからビーム制限開口端縁を見込む角を6～10 mradに設定する。この場合、無散乱電子は100%通過し、前方散乱電子は0.1%以下しか通過しない。このため、ほぼ完全なコントラストで計測が可能になる。

## 【0013】

本発明の荷電粒子線露光装置は、感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置であって、前記感応基板上の転写パターンの位置（像面位置）に配置された、開口を有する計測用のナイフエッジと、該ナイフエッジの下方に配置された、該ナイフエッジの非開口部（ナイフエッジ板）で散乱した荷電粒子線を遮るビーム制限開口と、該ビーム制限開口の下方に配置された、該ビーム制限開口を通過した荷電粒子線を検出するセンサと、該センサの検出結果に基づきビームのボケを測定するビームボケ測定手段と、を備えることを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

このような荷電粒子線露光装置のセンサとしては、ファラデーカップ、半導体検出器、又は、シンチレータとフォトマルチプライヤーとを組み合わせたもの等を用いることができる。これらを用いることにより、非常に高感度なビームボケ検出が可能となる。

## 【 0 0 1 5 】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ説明する。

図 1 は、本発明の一実施例に係る電子線露光装置の光学系主要部の構成及びウエハステージ周りの構成を模式的に示す図である。

図 2 は、本発明の一実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

図 3 は、同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

図 4 は、同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

## 【 0 0 1 6 】

図 1 の上部には、照明ビーム 1 2 及びレチクル 1 1 が示されている。照明ビーム 1 2 は、図示せぬ電子銃から発せられ照明光学系で成形される。このレチクル 1 1 は計測用のレチクル（マスク）であり、矩形開口 1 3 が形成されている。照



明ビーム 1 2 は、レチクル 1 1 の矩形開口 1 3 を通過し、直線状のエッジをもつ矩形ビーム E B となる。なお、通常の転写露光時には、転写したいデバイスパターンの形成されているレチクルを用いる。

#### 【 0 0 1 7 】

レチクル 1 1 の下方には、2 段の投影レンズ 1 4、1 5 が配置されている。これら投影レンズ 1 4、1 5 の間には、コントラスト開口 1 7 が配置されている。レチクル 1 1 の矩形開口 1 3 で成形された矩形ビーム E B は、上段の投影レンズ 1 4 によって収束され、コントラスト開口 1 7 にクロスオーバーを形成する。コントラスト開口 1 7 は、レチクル 1 1 を散乱を受けつつ透過したビームをカットする。

#### 【 0 0 1 8 】

下段の投影レンズ 1 5 の下方には、ウエハ（感応基板）ステージ 1 6 が配置されている。このステージ 1 6 上には、ナイフエッジ 1 が配置されている。ナイフエッジ 1 は、厚さ約  $2 \mu\text{m}$  の Si 薄膜（一例）で形成されている。ナイフエッジ 1 を薄膜化することにより、真っ直ぐでエッジラフネスが小さい高品質なエッジが比較的容易に得られる。なお、ウエハステージ 1 6 には、通常の転写露光時にウエハを載置するチャック（図示されず）も配置されている。

#### 【 0 0 1 9 】

図 2 及び図 3 に示すように、ナイフエッジ 1 の下にはビーム制限開口 5 が配置されている。このビーム制限開口 5 とナイフエッジ 1 との間の距離（図 3 の符号 h）は、数 mm ～ 20 mm 程度である。ビーム制限開口 5 の開口径（図 2 の符号 d）は、ナイフエッジ 1 から開口端縁 5 a を見込む角（図 2 の符号  $\theta$ ）が、下段の投影レンズ 1 5 における矩形ビーム E B の収束角よりも僅かに大きくなる寸法とする。この寸法 d の一例は、 $100 \sim 200 \mu\text{m}$  である。ビーム制限開口 5 の開口板 5 b は、十分に厚い（例えば 1 mm）導電性の金属板であり、この開口板 5 b に当たった電子線は吸収される。

#### 【 0 0 2 0 】

ビーム制限開口 5 の下方には、電子検出器（センサ）6 が設置されている。この電子検出器 6 は、ファラデーカップ、半導体検出器、又は、シンチレータとフ

オトマルチプライヤーとを組み合わせたもの等から構成されている。電子検出器 6 には、プリアンプ 7、微分回路 8 及びオシロスコープ 9 が順に接続されている。

#### 【 0 0 2 1 】

この電子線露光装置では、下段の投影レンズ 1 5 を通過した矩形ビーム E B をナイフエッジ 1 上でスキャンすると、ナイフエッジ板 2 に吸収されない電子（ナイフエッジ開口部 3 を通過した無散乱電子 e 1 及びナイフエッジ板 2 を散乱透過した前方散乱電子 e 2）が下方へと通過する。次いで、これらの電子 e 1、e 2 はビーム制限開口 5 に到り、無散乱電子 e 1 は同開口 5 を通過し、前方散乱電子 e 2 のほとんどは遮られる。したがって、ビーム制限開口 5 の下の電子検出器 6 では、ほとんど無散乱電子 e 1 のみが検出される。

#### 【 0 0 2 2 】

電子検出器 6 で検出した無散乱電子 e 1 のビーム電流を図 4（B）上側のグラフ（検出電流波形）で示す。図 4（A）に示すように、矩形ビーム E B をナイフエッジ 1 上で矢印方向（右側）にスキャンすると、ナイフエッジ 1 を通過する矩形ビーム E B の幅（電子の量）が増加し、電子検出器で検出するビーム電流が増加する。このため、検出電流波形は、図 4（B）上側のグラフのように右上がりになる。このビーム電流は、図 3 のプリアンプ 7 で増幅された後、微分回路 8 で時間に対する変化率に換算される。

#### 【 0 0 2 3 】

微分回路 8 から出力された微分波形を図 4（B）下側に示す。微分波形は、矩形ビーム E B がビームボケのない理想的なビームの場合は矩形波 W 1 となる。しかし、実際はビームボケのためになまった波形 W 2 となる。ここで、図 4（C）に分かり易く示すように、この波形 W 2 の立ち上がりの距離  $t$  を、微分波形の強度の 1 2 % ~ 8 8 % の範囲で求める。この距離  $t$  を求めることによりビームボケが測定できる。微分回路 8 の出力波形は、オシロスコープ 9 で表示される。オシロスコープ 9 で表示された波形に基づき、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）や結像性能の評価を行う。

#### 【 0 0 2 4 】

ここで、上記の電子線露光装置における、角度 $\theta$ （図2参照）の具体的な数値例について述べる。

照明ビーム12の加速電圧が100kVであり、投影レンズにおける矩形ビームEBの収束角が6mradである場合、ナイフエッジ1からビーム制限開口5の開口端縁5aを見込む角 $\theta$ を6～10mradに設定する。この場合、無散乱電子e1は100%通過し、前方散乱電子e2は0.1%以下しか通過しない。このため、ほぼ完全なコントラストで計測が可能になる。

【0025】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、非常に高精度なビームボケ計測ができる。さらに、このビームボケ計測の結果を用いて電子光学系の調整や結像性能の評価を行うことにより、非常に高精度に装置を調整することができる。

ナイフエッジを薄膜上に形成する場合は、真っ直ぐでエッジラフネスが小さい高品質なエッジを容易に作成することができる。

【0026】

ナイフエッジとセンサとの間にビーム制限開口を設置する場合は、ビーム制限開口によりナイフエッジ板で散乱した荷電粒子線を遮ることができ、ほぼ完全なコントラストにて、理想的な検出波形を得ることができる。

センサとしてファラデーカップ、半導体検出器、又は、シンチレータとフォトマルチプライヤーとを組み合わせたもの等を用いる場合は、非常に高感度なビームボケ検出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施例に係る電子線露光装置の光学系主要部の構成及びウエハステージ周りの構成を模式的に示す図である。

【図2】

本発明の一実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

【図 3】

同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

【図 4】

同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

【図 5】

従来の電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

【図 6】

同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

【図 7】

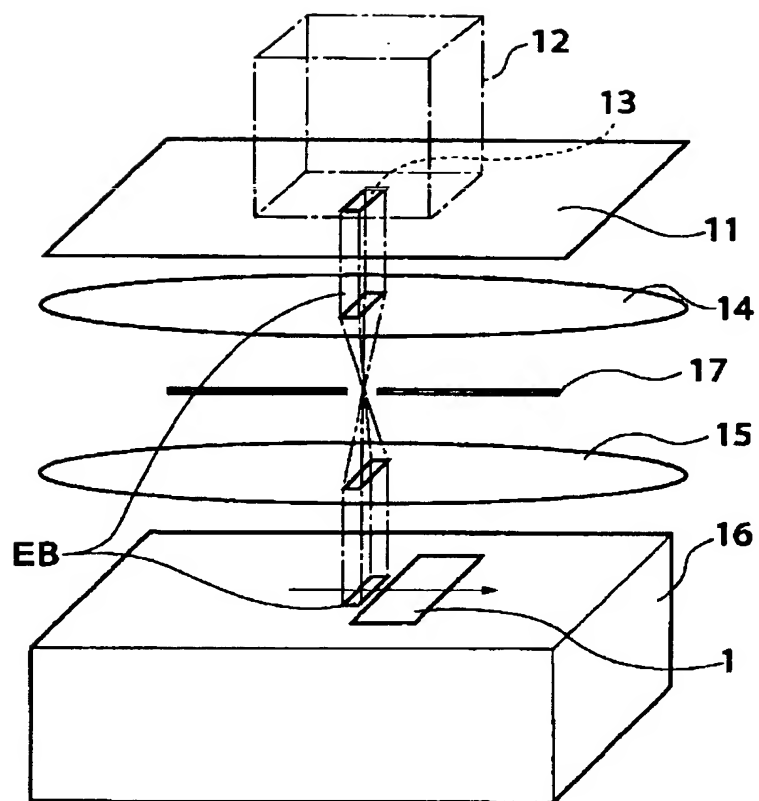
同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

【符号の説明】

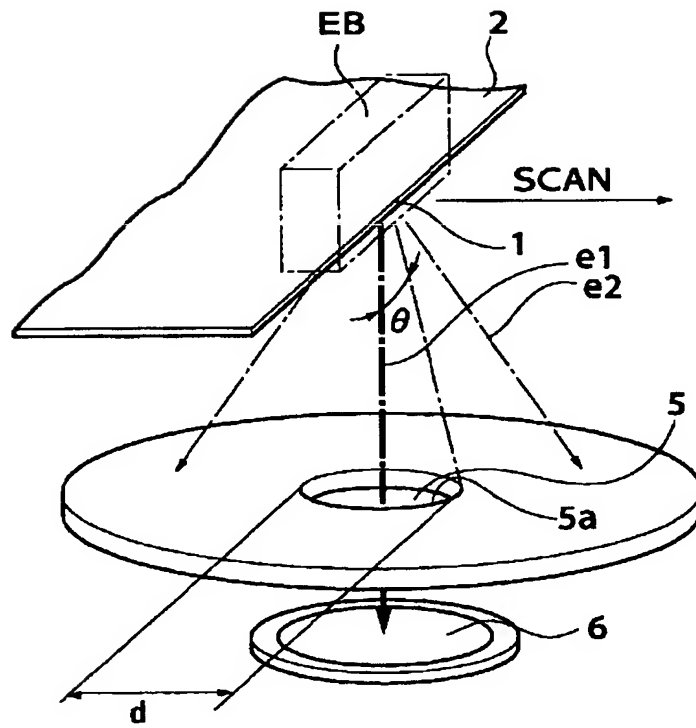
- |              |               |
|--------------|---------------|
| 1 ナイフエッジ     |               |
| 2 ナイフエッジ板    | 3 ナイフエッジ開口部   |
| 5 ビーム制限開口    |               |
| 5 a 開口端縁     | 5 b 開口板       |
| 6 電子検出器（センサ） | 7 プリアンプ       |
| 8 微分回路       | 9 オシロスコープ     |
| 1 1 レチクル     | 1 2 照明ビーム     |
| 1 3 矩形開口     | 1 4、1 5 投影レンズ |
| 1 6 ウエハステージ  | 1 7 コントラスト開口  |
| E B 矩形ビーム    |               |
| e 1 無散乱電子    | e 2 前方散乱電子    |

【書類名】 図面

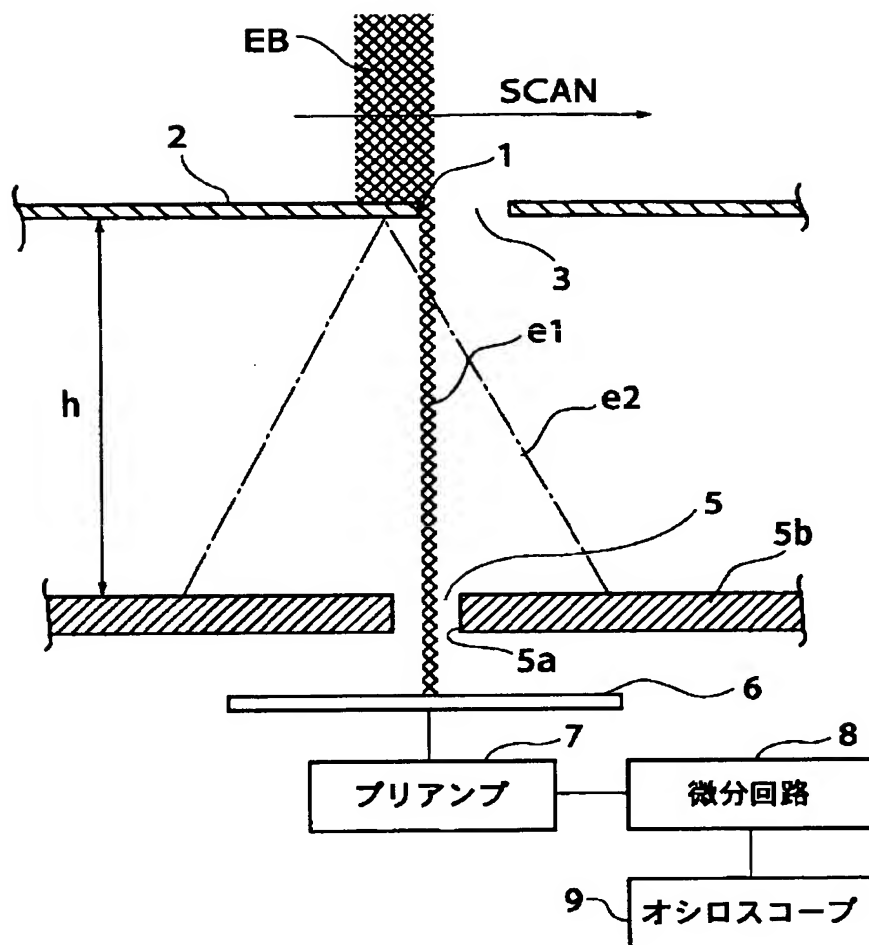
【図 1】



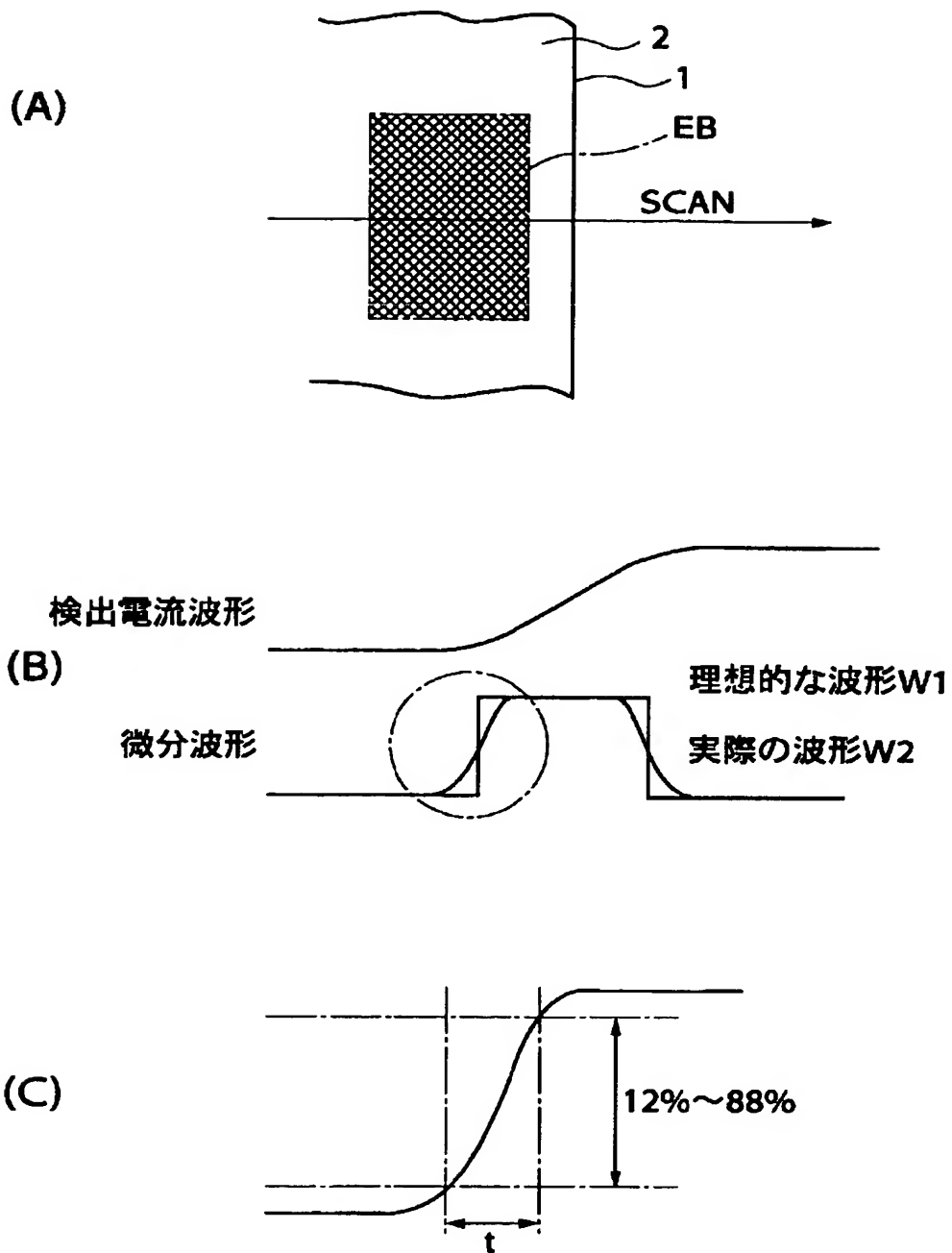
【図 2】



【図 3】

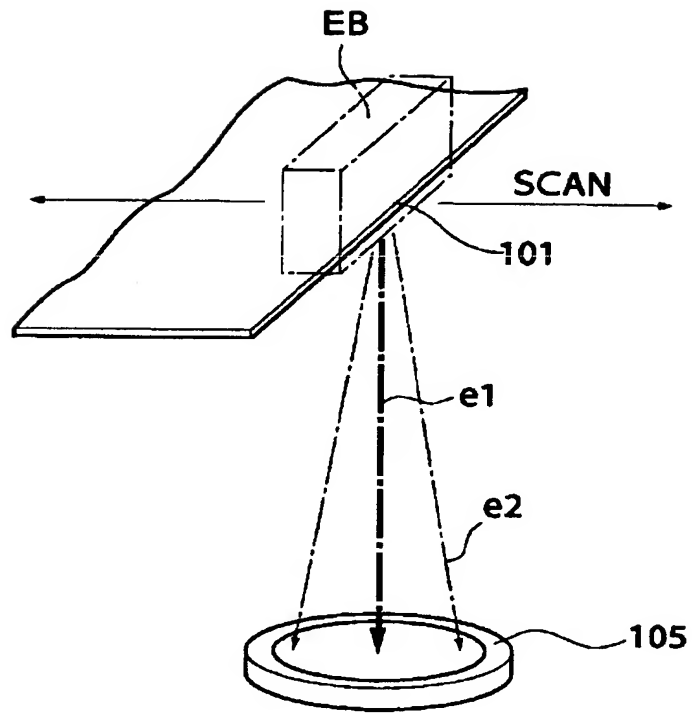


【図 4】

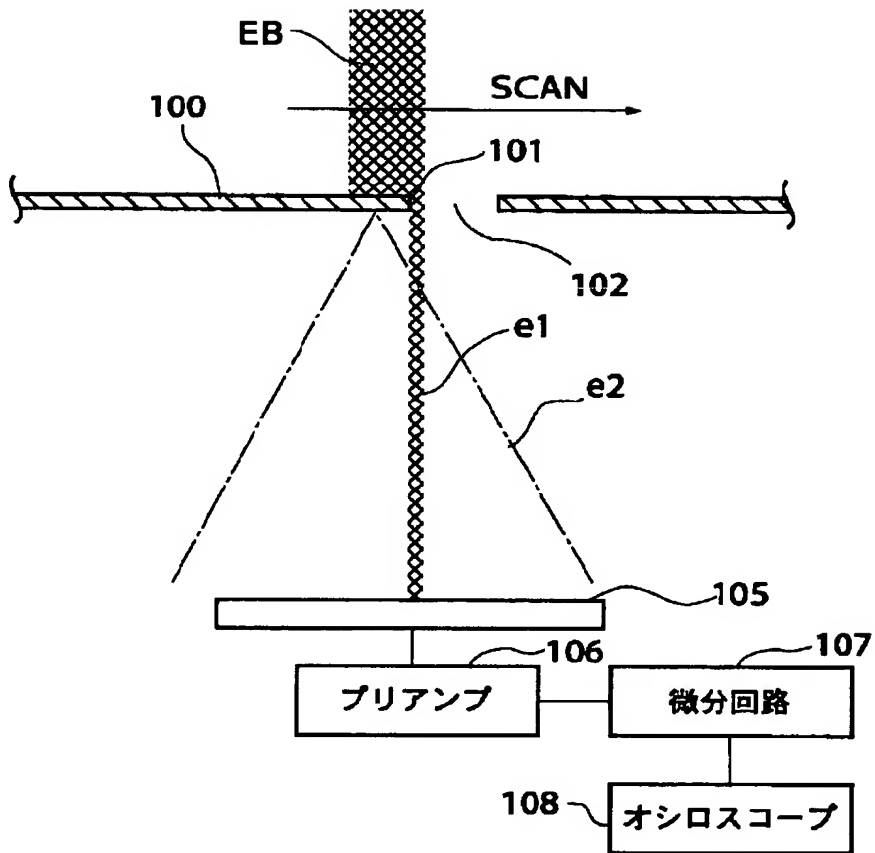




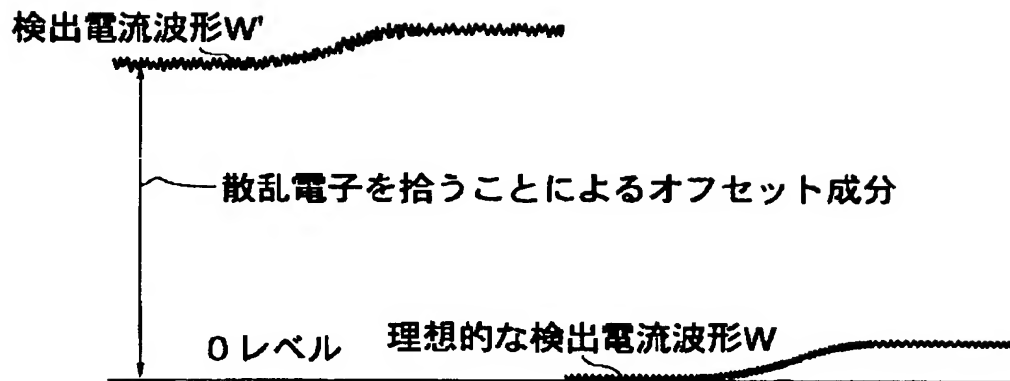
【図 5】



【図6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度なビームボケの計測を実現できる荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置を提供する。

【解決手段】 ナイフエッジ 1 の下には、数 mm ～ 2 0 mm 程度離れてビーム制限開口 5 が配置されている。ビーム制限開口 5 の開口径は、ナイフエッジ 1 から開口端縁 5 a を見込む角  $\theta$  が、下段の投影レンズにおける矩形ビーム E B の収束角よりも僅かに大きくなる寸法とする。下段の投影レンズを通過した矩形ビーム E B をナイフエッジ 1 上でスキャンすると、ナイフエッジ板 2 に吸収されない無散乱電子  $e_1$  及び前方散乱電子  $e_2$  が下方へと通過する。次いで、これらの電子  $e_1$ 、 $e_2$  はビーム制限開口 5 に到り、無散乱電子  $e_1$  は同開口 5 を通過し、前方散乱電子  $e_2$  のほとんどは遮られる。したがって、電子検出器 6 ではほとんど無散乱電子  $e_1$  のみが検出される。

【選択図】 図 2

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 0 3 3 9 7 0
受付番号	5 0 1 0 0 1 8 6 6 1 2
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 3 年 2 月 1 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成13年 2月 9日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン